

PABRIK ASAM SITRAT DARI TEPUNG TAPIOKA DENGAN PROSES FERMENTASI

PRA RENCANA PABRIK



Oleh :

NYOMAN ANDIKA MAULANA

0631010018

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2011

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan dengan segala rahmat serta karuniaNya sehingga penyusun telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir “Pabrik Asam Sitrat Dari Tepung Tapioka Dengan Proses Fermentasi”, dimana tugas akhir ini merupakan tugas yang diberikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan kesarjanaan di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Tugas akhir “Pabrik Asam Sitrat Dari Tepung Tapioka Dengan Proses Fermentasi” ini disusun berdasarkan pada beberapa sumber yang berasal dari beberapa literatur , data-data , majalah kimia, dan internet.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih atas segala bantuan baik berupa saran, sarana maupun prasarana sampai tersusunnya tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Sutiyono, MT
Selaku Dekan FTI UPN “Veteran” Jawa Timur
2. Ibu Ir. Retno Dewati, MT
Selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, FTI,UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Ir. Nur Hapsari, MT
Selaku Dosen pembimbing.
4. Dosen Jurusan Teknik Kimia , FTI , UPN “Veteran” Jawa Timur.

5. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Kimia , FTI , UPN “Veteran” Jawa Timur.
6. Kedua orangtua yang selalu mendoakan penyusun.
7. Semua pihak yang telah membantu , memberikan bantuan, saran serta dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu segala kritik dan saran yang membangun penyusun harapkan dalam sempurnanya tugas akhir ini.

Sebagai akhir kata, penyusun mengharapkan semoga tugas akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Fakultas Teknologi Industri jurusan Teknik Kimia.

Surabaya , April 2011

Penyusun,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
INTISARI	vi
BAB I PENDAHULUAN	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II – 1
BAB III NERACA MASSA	III – 1
BAB IV NERACA PANAS	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V – 1
BAB VI SPESIFIKASI ALAT UTAMA	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII – 1
BAB VIII UTILITAS	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX – 1
BAB X ORGANISASI PERUSAHAAN	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI – 1
BAB XII PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel I.1.	Data Kebutuhan Asam Sitrat	I – 2
Tabel I.2.	Sifat-sifat Enzim	I – 8
Tabel I.3.	Sifat fisika Asam Sitrat.....	I – 9
Tabel II.1.	Perbandingan Metode Pembuatan Asam Sitrat.....	I – 8
Tabel VII.1.	Instrumentasi Pada Pabrik....	VII -5
Tabel VII.2.	Jenis dan Jumlah Fire-Extinguisher.....	VII -8
Tabel VIII.4.1	Kebutuhan Listrik Untuk Peralatan Proses Dan Utilitas	VIII-52
Tabel VIII.4.2.	Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Ruang Pabrik Dan Daerah Proses	VIII-54
Tabel IX.1.	Pembagian Luas Pabrik	IX - 8
Tabel X.1.	Jadwal Kerja Karyawan Proses	X - 11
Tabel X.2.	Perincian Jumlah Tenaga Kerja	X - 13
Tabel XI.1.	Biaya Total Produksi Dalam Berbagai Kapasitas.. ...	XI - 7
Tabel XI.2.	Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi.....	XI - 8
Tabel XI.3.	Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi.....	XI – 8
Tabel XI.4.	Tabel Cash Flow	XI - 15
Tabel XI.5.	Discounted Cash Flow	XI – 10
Tabel XI.6.	Rate On Equity.....	XI - 11
Tabel XI.7.	Perhitungan Waktu Pengembalian Modal.....	XI - 12

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Proses Surface Fermentation	II – 3
Gambar IX.1 Lay Out Pabrik	IX – 9
Gambar IX.2 Peta Lokasi Pabrik	IX - 9
Gambar IX.2 Lay Out Peralatan Pabrik	IX - 9
Gambar X.1 Struktur Organisasi Perusahaan	X - 14
Gambar XI.1 Grafik BEP	XI - 14

INTISARI

Perencanaan pabrik asam sitrat ini diharapkan dapat berproduksi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dalam bentuk kristal. Pabrik beroperasi secara kontinu selama 330 hari dalam setahun.

Asam sitrat diproduksi dengan cara fermentasi glukosa dengan menggunakan *aspergillus niger*, reactor didalamnya dipasang sparger untuk menyemburkan udara. Asam sitrat keluar reaktor kemudian di netralisasi dan di acidifikasi untuk memperoleh cairan asam sitrat yang akan dialirkan ke dalam evaporator double effect. Produk keluar evaporator double effect di kristalisasikan, kemudian dikeringkan. Asam sitrat yang telah kering diumpankan ke ball mill untuk menyamakan ukuran dan dilakukan screening untuk menyeragamkan ukuran.

Pendirian pabrik berlokasi di Pasuruan Industrial Estate Rembang, Pasuruan. Bentuk perusahaan adalah perseroan terbatas. Sistem organisasi yang dipakai adalah Garis dan Staff. Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik asam sitrat sebanyak 232 orang. Pabrik beroperasi secara kontinu, dengan waktu operasi 330 hari/tahun ; 24 jam/hari, dengan Break Event point (BEP) sebesar 43,5%.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini industri bioteknologi merupakan salah satu bidang yang menunjang perekonomian di Indonesia. Bioteknologi didefinisikan sebagai suatu bidang penerapan biosains dan teknologi yang menyangkut penerapan praktis organism hidup atau komponen subselulernya pada industri jasa dan manufaktur serta pengelolaan lingkungan bioteknologi memanfaatkan bakteri, ragi, alga, sel tumbuhan atau sel jaringan hewan yang dibiakkan sebagai konsituen berbagai proses.

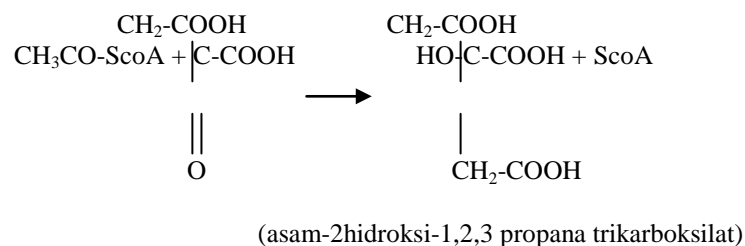
Teknologi fermentasi sebagian besar merupakan teknologi yang menggunakan mikroorganisme baik secara seluler maupun subseluler untuk produk makanan dan minuman seperti keju yogurt minuman alkohol asam-asam organik acar sosis kecap dan lain-lain.

Asam sitrat merupakan padatan kering atau putih dengan rumus kimia $C_6H_8O_7$ dan memiliki berat molekul 192,12. Senyawa ini terdapat sebagai konstituen alami dalam buah-buahan, seperti jeruk, nanas, apel dan anggur. Asam sitrat untuk pertama kalinya diisolasi dari sari buah jeruk oleh pada tahun 1784. Asam sitrat yang diperoleh dengan ekstraksi ini disebut sebagai “asam sitrat alami”. Pada tahun 1880, Grimoux dan aadm menemukan cara pembuatan asam sitrat secara sintesa kimia. Jalan reaksinya didasarkan pada reaksi antara gliserol derivate 1,3-dikloroaseton dengan sianida. Namun secara umum, proses ini belum

bsa diterima di dalam ruang lingkup industry. (*Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Engineering", Vol. 6, hal 159*)

Wehmer pada tahun 1893, pertama kali mendiskripsikan produksi asam sitrat dengan proses fermentasi kapang yaitu *Citromyces pfefferianus* dan *Citromyces glaber* dari larutan sukrosa yang mengandung kalsium karbonat. Curie pada tahun 1917 menyatakan bahwa sejumlah strain *Aspergillus niger* memiliki kemampuan produksi paling baik di dalam fermentasi asam sitrat. Sejak ditemukannya cara fermentasi asam sitrat dari larutan-larutan yang mengandung gula, peranan dari asam sitrat alami semakin menurun (*tjokroadikoesoemo, P.S, "HFS dan industri ubi kayu lainnya". PT. Gramedia Jakarta 1993 hal 160*)

Pembentukan asam sitrat di dalam fermentasi larutan gula didasarkan pada teori bahwa asam piruvat yang terbentuk dari glukosa dapat dihasilkan asetil – ScoA yang di dalam kondensasi dengan asam oksaloasetat menghasilkan asam sitrat (siklus krebs)



Proses fermentasi asam sitrat diterapkan secara besar-besaran untuk pertama kalinya oleh negara jerman pada awal abad ke-20 ini. Dewasa ini

hampir 90% dari seluruh produksi asam sitrat di Amerika Serikat dihasilkan dengan cara fermentasi. (Sri Kumaningsih, 1995)

Dengan mendirikan pabrik asam sitrat ini diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan bahan yang ada dan diharapkan pula ketergantungan terhadap luar negeri dapat berkurang.

I.2 Manfaat

Asam sitrat digunakan sebagai penambah rasa dalam pembuatan obat-obatan, minuman dan ice cream, penambah bau harum pada pembuatan bermacam-macam kembang gula dan juga sebagai softdrink powder, sebagai bahan baku pembuat cat dan perekat. Sebagai antioksidan dalam penghambat ketagihan dan menghilangkan warna atau bau dari buah-buahan ataupun minuman kaleng.

I.3 Aspek Ekonomi

Asam sitrat sangat penting dalam industri kimia proses baik dibidang kesehatan, makanan, minuman maupun industri kimia lainnya. Data kebutuhan dari Badan Pusat Statistik Surabaya tahun 2004 – 2008 terlihat dari tabel I.1, sehingga kebutuhan pada tahun 2012 dapat ditentukan dengan metode regresi linier dan penentuan prediksi kapasitas produksi dapat direncanakan.

Tabel I.1. Data Kebutuhan Asam sitat di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (kg/th)
2004	7.931.173
2005	7.435.750
2006	9.143.126
2007	15.442.306
2008	14.886.156

Sumber : Badan Pusat Statistik Surabaya

Digunakan metode Regresi Linier (Peters : 760), dengan persamaan :

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

Dengan : $a = \bar{y}$ (rata-rata harga y : kapasitas) =

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = 10979,4$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{\sum x^2}{n}}$$

$$b = 2.185,7$$

pabrik ini direncanakan berproduksi pada tahun 2012, maka $x = 2012$, sehingga $y = 19.079,4 + 2.185,7 (2012 - 2007) = 21.907,9$

dari metode regresif linier diatas kebutuhan asam sitrat untuk tahun 2012 ≈ 22.000 ton/tahun.

Dengan demikian, maka penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik Asam Sitrat di Indonesia. Hal ini membantu industri-industri kimia dalam negeri dalam penyediaan bahan baku dan bila memungkinkan untuk komoditi ekspor dalam yang dapat meningkatkan devisa negara.

1.4. Sifat Bahan baku dan Produk

1.4.1. Sifat Bahan Baku Utama

Tepung tapioka

Komposisi :

karbohidrat : 88,2%

air : 9,1%

protein : 1,1%

lemak : 0,5%

abu : 1,1%

(Austin, Sherve's, "Chemical Proses Industries")

1.4.2. Sifat Bahan Baku Pembantu

a. Asam sulfat (H_2SO_4)

Sifat – sifat fisika :

Rumus kimia : H_2SO_4

Berat molekul : 98

Bentuk : cairan

Warna : tidak berwarna

Titik didih atmosferik : 340°C

Sifat-sifat kimia :

Sangat korosif dan reaktif

Larut dalam air

Larut dalam ethyl alkohol 95%

(Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Engineering", Vol. 22, hal 190-229)

b. Kalium Hidriksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Sifat – sifat fisika :

Rumus kimia : $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Berat molekul : 74,10

Bentuk : kristal hexagonal

Warna : putih

Spesifik gravity : 2,2

Titik leleh pada 1 atm : 580°C

Panas pembentukan : -213,90 kkal/mol pada 25°C

Energi pembentukan: -213,90 kkal/mol pada 25°C

Sifat – sifat kimia :

Larut dalam air dan NH_4Cl

c. Nutrient

Nutrient terdiri dari campuran KH_2PO_4 ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; NH_4NO_3 ; dengan komposisi sebagai berikut :

KH_2PO_4 : 0,052%

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,33%

Urea : 0,65%

KCl : 0,1%

MnSO₄.4H₂O : 0,013%

ZnSO₄.7H₂O : 0,0065%

(Presscot and Dumn, " *Industrial Microbiology*", hal 548)

d. *Aspergillus Niger*

Aspergillus niger merupakan jamur yang hidup diatas hifa/benang-benang yang bersekat, hidup berkoloni berupa serabut, tidan berklorofil dan tidak berwarna. Sehingga hidup sebagai saprofi dilingkungan sedikit asam dan lembab (Thom dan Church, 1926)

Sifat – sifat :

Bersifat aerobik

Suhu optimum pembentukan asam sitrat : 28 – 30 °C

pH optimum pembentukan asam Sitrat : 4 – 6

klasifikasi dari *aspergillus niger* adalah sebagai berikut :

Filum : Mycota

Genus : Asper

Spesies : *Aspergillus Niger*

Klas : Ascomycetes

e. Udara

Sifat – sifat :

Bentuk : gas

Berat molekul : 29

Mengandung 79% N₂ dan 21% O₂

f. Enzm α –amylase

Sifat – sifat :

Jenis : endoamylase bacterial dari spesies *B. licheniformis*

pH optimum : 6,0 – 6,5, pada 30 – 40 % bahan kering

temperatur optimum dekstrinasi : 105 – 110 °C

karakteristik reaksi : mampu menghidrolisis polisakarida menjadi oligosakarida pada reaksi dekstrinasi

(helm U.Ph.d, "Industrial Enzymes and thir application", h. 78)

g. Enzim Glukoamilase

Jenis : eksoamylase

pH optimum : 4,0 – 5,0

temperatur optimum : 60°C

karakteristik reaksi : mampu menghidrolisis oligosakarida menjadi glukosa pada reaksi sakarifikasi

(helm U.Ph.d, "Industrial Enzymes and thir application", h. 234)

Tabel I.2 Perbandingan sifat-sifat enzim amilase yang digunakan

	α –amilase	Glukoamilase
Site specificity	Ikatan α -1,4 glukosida	Ikatan α -1,4 dan α -1,6 glukosida
Mode aksi	Endoamylase	Eksoamylase
Penurunan viskositas	Cepat	Lambat
Pembentukan glukosa	Lambat	Cepat
Pembentukan maltosa	Lambat	Lambat
Pembentukan dekstrin	cepat	lambat

(helm U.Ph.d, "Industrial Enzymes and thir application", table 5.6)

I.4.3. Sifat-Sifat Produk

Asam sitrat ($C_6H_8O_7H_2O$)

a. Sifat-sifat fisika Asam Sitrat

Tabel I.3 Sifat fisika asam sitrat

Variabel	Anhidrat	Hidrat
Rumus	$C_6H_8O_7$	$C_6H_8O_7H_2O$
Berat molekul	192.12	210.14
Density (g/cc)	1.67	1.54
Titik leleh (0C)	153	na
Panas pembakaran pada 25^0C (kCal/mol)	468.5	466.6
Kenampakan fisik kristal	Bening tak berwarna	Bening tak berwarna

(Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Engineering", Vol. 6, hal 150-151)

b. Sifat Kimia Asam Sitrat**1. Merupakan asam organik yang relatif kuat**

Asam sitrat merupakan asam organik yang relatif kuat ditunjukkan dengan konstanta disosiasi pertamanya, K_1 sebesar $8,2 \times 10^{-4}$ pada 18°C konstanta disosiasi ke-2 dan ke-3 berturut-turut. Asam sitrat monohidrat stabil di udara dengan kelembaban normal, tetapi melepaskan air pada udara kering atau dalam kondisi vakum pada asam sulfat. Pada pemanasan lambat, kristal monohidrat melunak pada suhu sekitar $70 - 75^\circ\text{C}$ dengan kehilangan air, dan akhirnya meleleh penuh pada rentang suhu $135 - 152^\circ\text{C}$. Pada pemanasan cepat kristal meleleh pada 100°C , memadat karena berubah menjadi anhidrat dan meleleh dengan cepat pada 153°C menjadi liquid dengan density sebesar 1,543

Kelarutan (gr/100 ml) pada suhu 25°C

- Kelarutan pada air 161,8
- Kelarutan pada alcohol 59,1
- Kelarutan eter 0,75

2. Sifat peng-chelate

Asam sitrat membentuk kompleks dengan ion-ion logam divalen menghasilkan cincin chelate. Meskipun telah ditunjukkan bahwa sifat peng-chelat-nya diperkuat dalam larutan basa, asam sitrat merupakan agen yang cukup kuat untuk meng-chelate dengan ion-ion penarik elektron yang relatif kuat, seperti Fe^{3+} dalam larutan asam. Sifat ini diterapkan dalam proses industri, termasuk

eliminasi atau pengendalian katalis ion logam, penghilangan produk korosi, regenerasi resin penukar ion, recovery logam-logam berharga dan pengendapan chelate yang tak terlarut, dekontaminasi bahan radioaktif, reaksi quenching dan pendorong reaksi sampai selesai.

3. Reaksi biologis

Asam sitrat memegang peranan penting pada asimilasi karbohidrat dalam jaringan tubuh hewan. Asam sitrat mengkatalisa konversi karbohidrat dalam tubuh menjadi CO_2 dan air. Proses ini berjalan melalui beberapa tahapan yang diaktivasi enzim, dimana asam sitrat memasuki reaksi tetapi nantinya diregenerasi.

4. Korosi

Dalam larutan (yang berpelarut air) asam sitrat agak korosif terhadap baja karbon, karena itu harus digunakan bersama inhibitor yang tepat. Asam sitrat tidak korosi terhadap stainless steel yang merupakan bahan konstruksi yang paling sering dipakai dalam proses yang melibatkan asam sitrat.

5. Dekomposisi asam sitrat

Ketika dipanaskan sampai 175°C asam sitrat terkonversi secara parsial menjadi *aconitic acid* melalui eliminasi air, dan menjadi asam asetondikarboksilat melalui pelepasan CO_2 dan air. Diatas 175°C asam sitrat membentuk distilat minyak (*oily distillate*) yang mengkristal sebagai asam itakonat. Pemanasan lebih jauh menghasilkan minyak yang tidak dapat dikristalkan, yaitu *citraconic anhydride*.

6. Hidrogenasi asam sitrat membentuk asam trikarballilat (tricarballic acid))

7. Digestion asam sitrat dengan fuming sulfuric acid atau oksidasi dengan larutan kalium permanganate menghasilkan asam asetondikarboksilat. Diatas 35°C oksidasinya dengan KMnO_4 menghasilkan asam oksalat.
8. Dekomposisi asam sitrat membentuk asam oksalat dan asam asetat melalui peleburan dengan KOH atau oksidasi HNO_3 .

(Kirk Othmer, "Encyclopedi of Chemical Engineering", Vol 6, hal 152 – 154)

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam proses

Secara umum proses pembuatan asam sitrat dapat dikategorikan dari proses yang bersifat tradisional hingga proses komersial yaitu fermentasi. Kultur permukaan yang menggunakan substrat padat atau semi padat banyak digunakan untuk memproduksi berbagai jenis asam organik dan enzim. Fermentasi dalam media padat ini sering disebut proses koji. Ada tiga macam proses dalam pembuatan asam sitrat yaitu proses ekstraksi sederhana, proses fermentasi dan proses sintesa kimia.

II.1.1. Proses Ekstraksi Sederhana

Proses atau metode ini dilakukan dengan ekstraksi buah seperti lemon, jeruk dan nanas. Namun proses ini sudah tidak pernah dilakukan lagi seiring dengan pengembangan metode fermentasi. (*Kirk Ohmer, "Encyclopedia of Chemical Engineering", Vol. 6, hal 156 - 157*)

II.1.2. Proses Fermentasi

Pada dasarnya proses fermentasi ini terbagi menjadi dua macam yaitu *surface fermentation* (fermentasi permukaan) dan *submerged* atau *deep submerged fermentation* (fermentasi biakan celup/dalam). Namun pada masing-

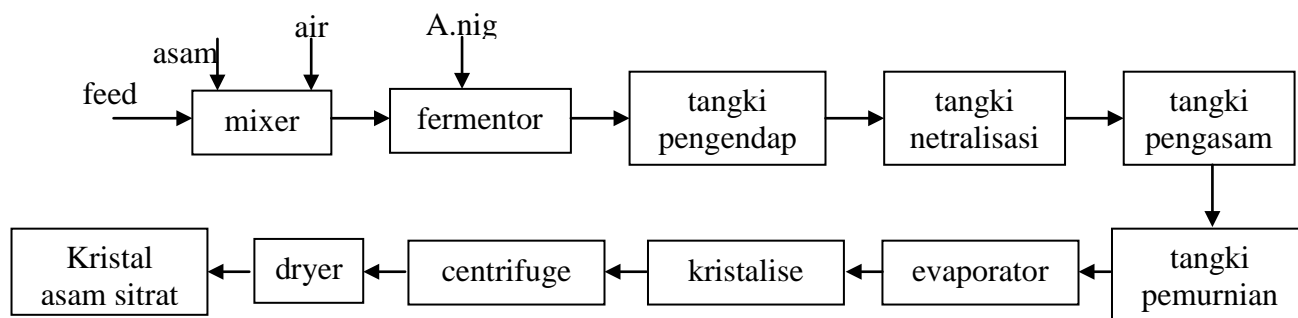
masing metode dapat dikembangkan lagi berdasarkan mikroorganisme yang digunakan :

a. Surface fermentation

Pada proses surface fermentation digunakan kapang *aspergillus niger*. Proses fermentasi permukaan ini diterapkan dalam dunia industri sejak tahun 1920-an. Sebelum mengalami proses fermentasi bahan baku diencerkan terlebih dahulu hingga konsentrasi gula 30% dalam mixer. Setelah itu ditambahkan asam sulfat, pospor, potasium dan nitrogen dalam bentuk asam atau garam sebagai nutrient. Campuran ini kemudian disterilkan lalu diencerkan kembali hingga konsentrasi gula mencapai 15% dan selanjutnya difermentasikan.

Proses fermentasi dilakukan didalam tangki-rangki yang terbuat dari alumunium. Inokulum (*Aspergillus niger*) disebarkan bersama-sama dengan udara. Waktu inkubasi selama 9 – 11 hari. Lapisan lendir yang terbentuk dipermukaan medium diambil dan diekstraksi, sedangkan cairan hasil fermentasi diberi perlakuan panas dan penambahan kalsium hidroksida (pH 8,5) sehingga dihasilkan kalsium sitrat. Berikut ini adalah gambar surface fermentation. Kebutuhan energy untuk “surface fermentation” tidak banyak Karena proses aerasi menggunakan peralatan yang sederhana yaitu berupa kipas yang menghasilkan udara dan digerakkan oleh motor elektrik, energy yang dibutuhkan 1,3 – 2,6 MJ/m³.

(Kirk Ohmer, “Encyclopedia of Chemical Engineering”, Vol. 6, hal 157)



Gambar II.1 Proses Surface fermentation

b. Submerged/deep fermentation (fermentasi biakan celup)

Pada proses fermentasi ini terbagi dua macam berdasarkan mikroorganisme yang digunakan diantaranya adalah submerged fermentation menggunakan *Apergillus Niger* dan submerged fermentation menggunakan yeast dalam hal ini adalah *Candida guilliermondii*.

1. Submerged fermentation menggunakan *Aspergillus niger*

Dalam proses ini mikroorganisme *Aspergillus niger* ditumbuhkan dengan mendispersikannya dalam media cair. Bejana fermentasi tersusun atas tangki - tangki steril yang berkapasitas beberapa ratus kubik meter (1000 galon) dengan dilengkapi pengaduk mekanik serta pemasukan sejumlah udara steril. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh amelung-perquin, dimana produksi asam sitrat dengan proses biakan celup mempertimbangkan penggunaan phospat yang terbatas. Dalam prakteknya spora kapang diproduksi dibawah control akseptik sehingga tenaga kestreilannya. Tahapan fermentasi biakan celup ini ada dua yaitu tahap perkembangan miselia dan tahap fermentasi. Sebagian kecil bahan baku digunakan sebagai inokulum fermentor.sebagian besar yang lain digunakan tahapn utama dalam fermentor. Inokulum yang terbentuk ditransfer secara aseptic

untuk produksi asam sitrat dalam fermentor. Dalam skala industri *Aspergillus niger* adalah strain yang paling tepat untuk fermentasi, walaupun pada awalnya menghasilkan sedikit yield, namun dalam perkembangan selanjutnya penambahan methanol dalam larutan fermentasi akan menghasilkan yield yang besar.

2. Submerged fermentation menggunakan yeast

Sampai sekitar tahun 1969 atau 1970, *Aspergillus niger* dianggap sebagai satu-satunya asam sitrat dalam skala industry. Pada tahun 1970, sebuah inovasi baru yang mendemonstrasikan bahwa produksi asam sitrat dapat dilakukan dengan menggunakan yeast seperti *Candida guilliermondii* yang mengandung glukosa atau molasses hitam pekat yang ekuivalen dengan sejumlah glukosa. Waktu fermentasi lebih singkat daripada *Aspergillus niger*. Penggunaan strain candida sangat efektif untuk pembuatan asam sitrat dari hidrokarbon, dimana konversi yang dihasilkan dapat mencapai lebih dari 10%. Secara umum proses submerged fermentation membutuhkan suplai energy yang cukup banyak, karena mencakup proses pengadukan, aerasi, serta pendinginan. Kebutuhan energy berkisar 8 – 16 MJ/m³ (28,5 – 57 Btu/gal).

(Kirk Ohmer, "Encyclopedia of Chemical Engineering", Vol. 6, hal 156 - 157)

II.1.3. Proses Sintesa Kimia

Pembuatan asam sitrat dengan sintesa kimia dilakukan pada tahun 1880 oleh Grimoux dan Adam. Jalannya reaksi didasarkan pada reaksi antara gliserol devirat 1,3-dichloroacetone dengan sianida. Secara umum proses ini belum bias diterima dalam industry kimia.

Beberapa sintesa asam sitrat nonkomersial antara lain:

1. Reaksi Reformatsky

Pada reaksi ini pembentukan asam β -hidroksi berawal dari brominasi ester pada posisi α lalu mereaksikannya dengan senyawa karbonil. Dengan memilih senyawa ester dan karbonil yang tepat, beragam senyawa β -hidroksi bias diperoleh termasuk asam sitrat.

(McKetta, *Encyclopedia of Chemical Processing And design*, Vol. 8, hal 327)

2. Reaksi Wiley

Pada reaksi ini maleat anhydride dioksidasi secara katalitik membentuk intermediate oxalacetic acid anhydride. Reaksi intemediat ini dengan ketene menghasilkan β -lactone yang bias dihidrolisa menjadi asam sitrat.

3. Karboksilasi aseton menggunakan katalis alkali *metal phenolate* dalam solvent seperti *dimethylfomamide* atau *glyme* (*dimethylether* dari *ethylene glycol*) membentuk membentuk acetonedicrboxylate, diikuti reaksi dengan sianida membentuk cyanohydrins, kemudian hidrolisa asam atau basa.

4. Epoksidasi itaconate, reaksi dengan sianida dan hidrolisa.

II.2. Seleksi Proses

Secara komersial, pembuatan asam sitrat dilakukan dengan proses fermentasi. Ditinjau dari berbagai hal, maka piliham prose pembuatan asam sitrat yang tepat adalah dengan proses “submerged fermentation” menggunakan

Aspergillus niger dengan bahan baku utama yaitu tepung tapioca. Pemilihan tersebut didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain:

II.2.1. Efektivitas proses

Pada proses pembuatan asam sitrat ini yield paling besar dihasilkan pada proses submerged fermentation dengan menggunakan yeast mencapai 100% . Sedangkan pada proses submerged fermentation dengan menggunakan *A. niger* yield yang dihasilkan sekitar 90%, bias bertambah bila ditambahkan methanol 1-3%. Untuk surface fermentation, yield yang dihasilkan sekitar 70%.

Walaupun proses submerged fermentation menggunakan *A. niger* yieldnya lebih kecil daripada yeast, tetapi proses ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain:

1. Bahan baku proses submerged fermentation menggunakan *A. niger* lebih variatif diantaranya sukrosa, glukosa dan dari berbagai macam pati, sedangkan submerged fermentation menggunakan yeast bahan baku utama yang menghasilkan yeast besar adalah hidrokarbon.
2. Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah tepung tapioka, karena bahan ini mudah di dapat di Indonesia.

II.2.2. Efektivitas produksi

Ditinjau dari segi efektivitas produksi, maka pembuatan asam sitrat dari tepung tapioka dengan proses “submerged fermentation” ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan asam sitrat ini adalah tepung tapioka.
- b. Bahan baku tepung tapioka mudah didapat.

Proses yang dipilih adalah submerged fermentation menggunakan *A. Niger* dimana yield yang dihasilkan sekitar 90%. Kondisi operasi pada fermentor merupakan kondisi yang normal, menyesuaikan dengan kondisi pertumbuhan bakteri. Suhu operasi berkisar antara 28-32, tekanan 1 atmosfer. Proses fermentasi sendiri terdiri dari dua bagian, bagian yang pertama adalah pertumbuhan bakteri (fase pembiakan) dan bagian utamanya adalah fermentasi. Prosesnya secara keseluruhan berlangsung selama 8 hari. Sedangkan untuk surface fermentation proses berlangsung 9-11 hari, sehingga dalam hal ini waktu yang diperlukan pada submerged fermentation lebih pendek daripada surface fermentation.

Berikut ini adalah perbandingan dari proses pembuatan asam sitrat :

Tabel II.1 Perbandingan metode pembuatan asam sitrat

Jenis proses	Sumerged fermentation	Surface fermentation
Yield	Yield yang dihasilkan 90%	Yield yang dihasilkan 54 - 56%
Lama fermentasi	Waktu fermentasi 3 - 4 hari	Waktu fermentasi 6 hari
Biaya perawatan	Biaya perawatan murah	Biaya perawatan mahal karena banyak alat yang digunakan
Kontaminasi	Steril, kontaminasi kecil	Kontaminasi besar karena terbuka

Energi	8 – 6 MJ/m ³	1.3 – 2.6 MJ/m ³
--------	-------------------------	-----------------------------

Berdasarkan beberapa pertimbangan diatas, ternyata pembuatan asam sitrat dengan menggunakan proses submerged fermentation menggunakan *Aspergillus niger* lebih efektif dibandingkan proses lainnya, utamanya jika ditinjau dari skala industri dan kelebihan-kelebihan yang lain pada umumnya.

III.3. Uraian Proses

Studi pembuatan asam sitrat dari tepung tapioca dengan menggunakan proses submerged fermentation menggunakan *Aspergillus niger* memiliki tahapan proses berupa :

Proses Pencampur

Dalam tangki mixing tepung tapioca dicampur dengan air sampai kadar 30%. Kemudian ditambahkan Ca(OH)₂ 100 ppm sebagai kofaktor, yaitu zat yang membantu kerja enzim supaya efektifitasnya lebih tinggi dan penambahan enzim α -amylase dengan kadar 0,6 kg/ton pati.

Proses Liquifikasi

Setelah proses pencampuran selesai, slurry dipanaskan. Proses pemanasan ini dilakukan dalam suhu operasi 105 C selama 5 menit dan tahap berikutnya masuk pada reaktor Liquifikasi pada suhu operasi 105 C selama 30 menit. Yang bertujuan untuk memecah pati menjadi dekstrin. Ikatan α -1,4 dalam amilosa maupun amilopektin yang terdapat di dalam pati dihirolisa secara acak oleh

enzym α -amylase, sehingga dapat menurunkan viskositas dan meningkatkan harga DE (Dextrose Ekivalen). Konversi yang didapatkan dari reactor ini adalah 10% - 20%. Waktu yang diperlukan untuk reaksi ini adalah 2 – 3 jam dan setelah itu siap dimasukkan dalam reaktor sakarifikasi.

(Tjokroadikoesoemo, "HFS dan Ubi Kayu Lainnya")

Proses Sakarifikasi

Proses sakarifikasi bertujuan untuk memutuskan ikatan α -1,4 maupun α -1,6 dalam sisa pati yang terdapat dalam dekstrin dengan menggunakan katalisator enzyme amylukoside sehingga molekul pati dapat dikonversikan menjadi glukosa bebas. Bila katalis yang digunakan asam maka yield lebih rendah bila dibandingkan menggunakan katalisator enzyme. Pada tahap ini terjadi proses pengubahan dekstrin pati yang tidak terkonversi yang merupakan hasil dari proses liquifikasi menjadi sirup glukosa dengan menggunakan enzyme amylglukoside. Sirup glukosa dipompa menuju ke tangki sakarifikasi berpengaduk dengan kondisi operasi sebagai berikut :

1. Bahwa sebelum masuk kedalam tangki sakarifikasi terlebih dahulu pati dan glukosa harus dipastikan memiliki pH 3,8 – 4,5 yang merupakan pH optimum untuk enzim yang digunakan (amylglukoside).
2. Temperatur optimum dari enzim adalah 60 °C.
3. Waktu tinggal untuk reaksi ini adalah 48 – 72 jam.

(Tjokroadikoesoemo, "HFS dan Ubi Kayu Lainnya")

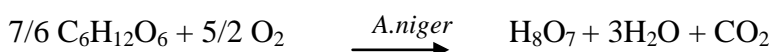
Hidrolisat kemudian dipompa menuju RVF I. disini fase solid dipisahkan dari fase liquid. Filtrate dengan komposisi utama glukosa selanjutnya diumpankan dalam tangki sterilisasi. Sterilisasi larutan glukosa dilakukan pada suhu 120°C selama ± 30 menit. Media steril didinginkan sampai 30°C dalam cooler yang berpendingin brine. Kemudian dibagi menjadi 2 aliran. Aliran yang pertama terdiri dari 5% media steril diumpankan menuju Preculture tank dan sisanya 95% dari media steril menuju fermentor.

Proses Fermentasi

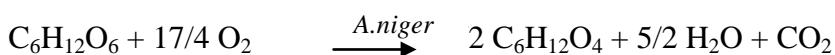
Pembiakan *A. Niger* dalam Preculture tank dilakukan selama 2 hari pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Biomassa yang terbentuk diumpankan menuju fermentor bersama-sama dengan 95% media steril, kemudian difermentasikan selama 4 hari pada suhu 30°C , tekanan 1 atm dan pH 4 – 5. Suplai udara dilakukan dengan injeksi yang sudah difilter dalam catridge filter melalui sparger.

Selama fermentasi terjadi 2 reaksi :

- Sintesa asam sitrat, reaksinya :



- Sintesa asam oksalat



Tahap pemurnian Produk

Produk hasil fermentasi dipompa menuju tangki penampung, selanjutnya dipompa menuju RVF II. Pemurnian produk dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- **Pemisahan berdasarkan perbedaan fase II**

Pada RVF II fase liquid yang terdiri dari asam sitrat, asam oksalat dan H_2SO_4 dan H_2O dipisahkan dari fase liquid (cake) yang terdiri dari biomass.

- **Netralisasi**

Filtrat RVF II dialirkan dengan pompa menuju tangki presipitasi, asam sitrat dalam bentuk garam kalsium. Dan H_2SO_4 di netralisasi membentuk kalsium sulfat. Netralisasi dilakukan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

- Netralisasi

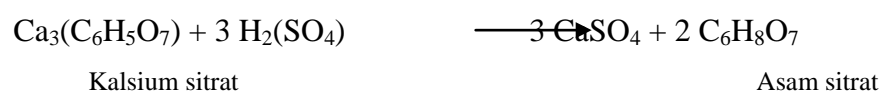


- Pembentukan garam sitrat



- **Asidifikasi kalsium sitrat**

Asidifikasi dilakukan untuk memperoleh kembali asam sitrat dengan mereaksikan kalsium sitrat dengan H_2SO_4 98% dalam tangki asidifikasi dengan reaksi sebagai berikut :



- **Pemisahan berdasarkan pemisahan fase III**

Pada RVF III, asam sitrat sebagai filtrat dipisahkan dari CaSO_4 sebagai cake CaSO_4 selanjutnya dikirim menuju aliran limbah sebagai by product yang bisa dijual sedangkan asam sitrat dimurnikan lebih lanjut.

- **Pemekatan larutan asam sitrat**

Larutan asam sitrat $\pm 19\%$ dipompa menuju evaporator double effect, aliran forwars feed sampai kadar asam sitrat akhir mencapai 85% , sebagai pemanas efek I digunakan steam saturated 120°C .

- **Kristalisasi asam sitrat**

Larutan asam sitrat pekat 85% diumpankan menuju kristaliser. Kristalisasi dilakukan dengan mendinginkan larutan asam sitrat umpan sampai suhu 20°C sehingga diperoleh Kristal asam sitrat monohidrat. Selanjutnya secara gravitasi magma diumpankan ke dalam centrifuge untuk memisahkan Kristal dari mother liquor. Kristal diumpankan ke dryer melalui screw conveyor, sedangkan mother liquor 59% asam sitrat direcycle kembali ke evaporator.

- **Pengeringan kristal**

Kristal asam sitrat dengan kadar air total dikeringkan dalam rotary dryer dengan udara pemanas bersuhu 95°C . Fine kristal yang terikut udara pengering keluar akan tertangkap oleh cyclone, untuk dicampurkan kemudian dialirkan menuju aliran produk. Kristal kering dialirkan dalam ball mill sampai berukuran \pm

80 mesh, lalu diayak dalam vibrating screen. Kristal yang memenuhi spek diumpankan melalui bucket elevator menuju product storage.